

PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7: B32B 15/08, 5/08, 3/18, B64C 1/12, 1/06		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/56541
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:	28. September 2000 (28.09.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/00790		(81) Bestimmungsstaaten: CA, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 20. März 1999 (20.03.99)		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DLR DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUM- FAHRT E.V. [DE/DE]; Linder Höhe, D-51147 Köln (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOLESNIKOV, Boris [RU/DE]; Am Steinring 54, D-38110 Braunschweig (DE). WILMES, Holger [DE/DE]; Altewiekring 41, D-38102 Braunschweig (DE). HERRMANN, Axel [DE/DE]; Wiesengrund 8, D-31228 Peine (DE). PABSCH, Arno [DE/DE]; Lindenstrasse 5, D-38110 Braunschweig (DE).			
(74) Anwälte: GRAMM, Werner usw.; Gramm, Lins & Partner GbR, Theodor-Heuss-Strasse 1, D-38122 Braunschweig (DE).			

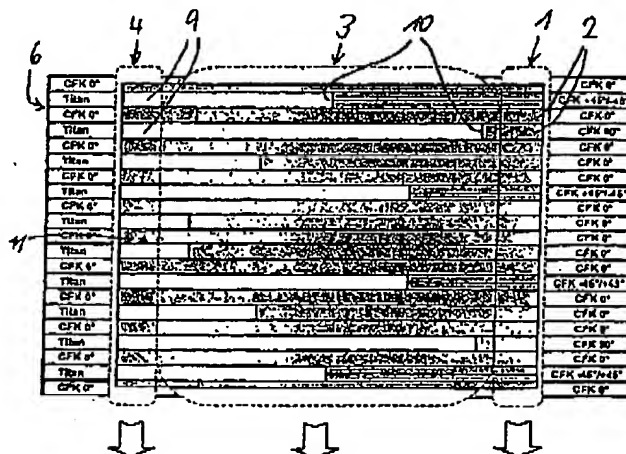
BEST AVAILABLE COPY

(54) Title: COMPOSITE MATERIAL WITH A REINFORCED CONNECTING AREA

(54) Bezeichnung: VERBUNDMATERIAL MIT EINEM VERSTÄRKTEN VERBINDUNGSBEREICH

(57) Abstract

The invention relates to a composite material, comprising a fiber composite (1) consisting of a plurality of fiber layers (2) embedded in a polymeric matrix, some of which preferably have fiber orientations (2) differing from the fiber orientations of the other fiber layers (2), in addition to a connecting area (4) formed by a reinforcement material (9) that is highly resistant to bearing pressure, wherein a transition area (3) is formed between the fiber composite (1) and the connecting area (4), in which the fiber layers (2) meet with the reinforcement material (9) of the connecting area (4). The invention aims at providing a composite material that is highly resistant to tensile strength and bearing pressure in the connecting area (4). This is achieved in that the connecting area (4) is formed by fiber layers (9) passing from the reinforcement material through the transition area (3) into the connecting area (4) and in that non-continuous fiber layers (2) meet with the corresponding layers (9) from the reinforcement material in the transition area (3) between the continuous fibers layers (2).



(57) Zusammenfassung

Ein Verbundmaterial bestehend aus einem Faserverbund (1) einer Vielzahl von in einer Polymermatrix eingebetteten Faserschichten (2), von denen einige vorzugsweise Faserrichtungen aufweisen, die sich von Faserrichtungen anderer Faserschichten (2) unterscheiden, und einem mit einem Verstärkungsmaterial (9) mit hoher Lochleibungsfestigkeit gebildeten Verbindungsbereich (4), wobei ein Übergangsbereich (3) zwischen dem Faserverbund (1) und dem Verbindungsbereich (4) ausgebildet ist, in dem Faserschichten (2) auf das Verstärkungsmaterial (9) des Verbindungsbereichs (4) stoßen, läßt sich mit einer hohen Gesamt-Zugfestigkeit und einer hohen Lochleibungsfestigkeit im Verbindungsgebiet (4) dadurch ausbilden, daß der Verbindungsbereich (4) aus Schichten (9) aus dem Verstärkungsmaterial und durch den Übergangsbereich (3) in den Verbindungsbereich (4) durchgehenden Faserschichten (2) gebildet ist und daß in dem Übergangsbereich (3) zwischen den durchgehenden Faserschichten (2) nicht durchgehende Faserschichten (2) auf entsprechende Schichten (9) aus dem Verstärkungsmaterial stoßen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichten.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Letland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CJ	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

WO 00/56541

PCT/DE99/00790

1

Verbundmaterial mit einem verstärkten Verbindungsbereich

Die Erfindung betrifft ein Verbundmaterial bestehend aus einem Faserverbund einer Vielzahl von in einer Polymermatrix eingebetteten Faserschichten, von denen einige vorzugsweise Faserrichtungen aufweisen, die sich von Faserrichtungen anderer Faserschichten unterscheiden, und einem mit einem Verstärkungsmaterial mit hoher Lochleibungsfestigkeit gebildeten Verbindungsbereich, wobei ein Übergangsbereich zwischen dem Faserverbund und dem Verbindungsbereich ausgebildet ist, in dem Faserschichten auf das Verstärkungsmaterial des Verbindungsbereichs stoßen.

Moderne Faserverbunde mit einer polymeren Matrix, beispielsweise kohlenstoffaser- oder glasfaserverstärkte Kunststoffe (CFK oder GFK), weisen hohe Zug- und Druckfestigkeiten auf. Für die hohe Zug- und Druckfestigkeit sind Faserschichten mit in Zug- und Druckrichtung liegenden Faserrichtungen verantwortlich. Es ist gebräuchlich, einen Faserverbund mit bezüglich der Längsrichtung in 0°, 90° und +/- 45° o.ä. liegenden Faserrichtungen aufzubauen. Für eine hohe Zugfestigkeit liegt der Anteil der 0°-Schichten höher als die jeweiligen Anteile der übrigen Faserschichten mit anderen Faserrichtungen.

In aller Regel ist es erforderlich, derartig hergestellte Faserverbundbauteile mit anderen Bauteilen gleicher Art oder anderer Art zu verbinden. Dies geschieht häufig mit Hilfe von Bolzenverbindungen. Die für eine hohe Zug- und Druckfestigkeit verantwortlichen Faserschichten in 0°-Richtung weisen aber nur eine sehr geringe Lochleibungsfestigkeit auf. Eine verbesserte Lochleibungsfestigkeit ist durch einen er-

WO 00/56541

2

PCT/DE99/00790

höhten Anteil von schräg gerichteten Faserschichten (beispielsweise $\pm 45^\circ$, $\pm 30^\circ$ o.ä.) zu erhalten, bei gleichem Querschnitt bzw. bei gleicher Dicke des Faserverbundes wird dadurch jedoch die Zugfestigkeit herabgesetzt.

5

Es ist daher bekannt, das Faserverbundmaterial mit einem Verbindungsbereich zu versehen, der mit einem Verstärkungsmaterial mit hoher Lochleibungsfestigkeit gebildet ist. Bekannt ist es beispielsweise, an den Faserverbund ein mono-lithisches oder auch geschichtetes Titanmaterial anzuschließen, wobei zur Verbesserung der Verbindung zwischen dem Faserverbund und dem Verstärkungsmaterial ein bezüglich der Schichten gestufter Anschluß hergestellt wird. Es ist daher bekannt, einen monolithischen metallischen Verbindungsbereich, beispielsweise aus Titan, an einer Anschlußkante mit jeweils gestuften Vorsprüngen zu versehen, die zur Mittelebene bezüglich der Höhe des Verbindungsbereichs symmetrisch sind, und entsprechend die Faserschichten des Faserverbunds anschließen zu lassen. Die Verbindung mit dem Faserverbund kann über die Polymermatrix oder über Klebstoffaufträge erfolgen.

10

15

20

25

Es ist ferner bekannt, den Verbindungsbereich mit metallischen Laminatschichten auszubilden, deren Dicke der Dicke der Faserschichten des Faserverbunds entspricht, so daß die abgestufte Ausbildung der Verbindung einfach zu realisieren ist.

30

35

Es ist ferner bekannt, in dem Verbindungsbereich den Verbund der Faserschichten untereinander aufzulösen und zwischen die voneinander separierten Faserschichten metallische Schichten einzuschieben, um die Lochleibungsfestigkeit zu erhöhen. Bekannt ist eine derartige Anordnung für ein Rohr aus einem Faserverbund, das im Verbindungsbereich einen konstanten Innendurchmesser, jedoch durch die eingefügten Metallschichten einen erweiterten Außendurchmesser aufweist.

WO 00/56541

3

PCT/DE99/00790

Nachteilig an der letztgenannten Lösung ist eine notwendige Asymmetrie des Verbindungsbereichs gegenüber dem Faserverbund, wodurch Schwachstellen bei statischer und dynamischer Belastung produziert werden. Bei den übrigen Lösungen ist die Verbindung zwischen dem Faserverbund und dem Verbindungsbereich ausschließlich durch Scher- bzw. Adhäsionskräfte zwischen den Faserschichten und dem Verstärkungsmaterial bestimmt. Da derartige, auf Scherkräften beruhende Verbindungen nur eine begrenzte Zugfestigkeit aufweisen, wird durch den angebrachten Verbindungsbereich die erreichbare hohe Zugfestigkeit des Faserverbundes obsolet.

Der Erfindung liegt daher die Problemstellung zugrunde, ein Verbundmaterial der eingangs erwähnten Art so auszubilden, daß einschließlich des Verbindungsbereichs eine hohe Zugfestigkeit und im Verbindungsbereich eine hohe Lochleibungsfestigkeit erreichbar ist.

Ausgehend von dieser Problemstellung ist erfindungsgemäß ein Verbundmaterial der eingangs erwähnten Art dadurch gekennzeichnet, daß der Verbindungsbereich aus Schichten aus dem Verstärkungsmaterial und durch den Übergangsbereich in den Verbindungsbereich durchgehenden Faserschichten gebildet ist und daß in dem Übergangsbereich zwischen den durchgehenden Faserschichten nicht durchgehende Faserschichten auf entsprechende Schichten aus dem Verstärkungsmaterial stoßen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verbundmaterial wird der Verbindungsbereich somit aus durchgehenden Faserschichten des Faserverbundes gebildet, die mit Schichten des Verstärkungsmaterials kombiniert sind. Dadurch gelingt es, im Verbindungsbereich eine hohe Lochleibungsfestigkeit durch das Verstärkungsmaterial und im Übergangsbereich eine hohe Zugfestigkeit durch die durchgehenden Faserschichten zu gewährleisten. Darüber hinaus kann vorzugsweise der Verbindungsbereich in derselben Dicke wie der Faserverbund ausgeführt sein, so daß das Entstehen irgendwelcher Asymmetrien beim Übergang vom Faserverbund zum Verbindungsbereich völlig ver-

WO 00/56541

4

PCT/DE99/00790

mieden werden kann.

5 Besonders bevorzugt ist es für das erfindungsgemäße Verbund-
material, wenn die Stoßstellen zwischen den nicht durchgehen-
den Faserschichten und den Schichten des Verstärkungsmateri-
als in dem Übergangsbereich versetzt angeordnet sind. Der
Versatz ist dabei vorzugsweise so ausgebildet, daß ausgehend
10 von dem Faserverbund in dem Übergangsbereich zunächst Stoß-
stellen zwischen zur Festigkeit des Faserverbunds gegen eine
Hauptbelastung, beispielsweise gegen Zug, am wenigsten bei-
tragende Faserschichten (bei Zugbelastung die
90°-Schicht) und dem Verstärkungsmaterial ausgebildet sind
15 und in Richtung auf den Verbindungsbereich Stoßstellen für
Faserschichten mit zunehmender Bedeutung für die Festigkeit
versetzt folgen. Ist beispielsweise eine hohe Zugfestigkeit
relevant, bedeutet dies, daß zunächst Stoßstellen für die
90°-Schichten ausgebildet werden und daß anschließend Stoß-
stellen für beispielsweise +/- 45°-Schichten folgen und
20 schließlich als letztes Stoßstellen zwischen 0°-Schichten
und dem Verstärkungsmaterial gebildet sind. Dabei können
auch innerhalb der einzelnen Gruppen der Stoßstellen noch-
mals Stufungen realisiert sein.

25 Besonders zweckmäßig ist es für das erfindungsgemäße Verbun-
dmaterial, wenn die Faserschichten des Faserverbunds symme-
trisch zur Mittelebene der Dicke des Faserverbunds angeord-
net sind und wenn dann in dem Übergangsbereich die Stoßstel-
len ebenfalls jeweils symmetrisch zur Mittelebene der Dicke
des Faserverbundes liegen. Auf diese Weise läßt sich eine
30 Symmetrie auch bezüglich der Faserschichten über die Dicke
des Faserverbundes bis in den Verbindungsbereich hin rea-
lisieren.

35 Im Verbindungsbereich sind vorzugsweise abwechselnd die
durchgehenden Faserschichten und die Schichten aus dem Ver-
stärkungsmaterial geschichtet. Auf diese Weise bleibt die
gewünschte Symmetrie erhalten und es wird eine hohe Lochlei-
bungsfestigkeit bei einer auch im Übergangsbereich verblei-

WO 00/56541

5

PCT/DE99/00790

benden hohen Festigkeit gegen die Hauptbelastung des Faser-
verbundes (insbesondere Zugfestigkeit) erreicht. Zweckmäßi-
gerweise weisen die Faserschichten und die Schichten aus dem
Verstärkungsmaterial alle eine gleiche Schichtdicke auf.

5

Die Schichtdicke der Faserschichten und der Schichten des
vorzugsweise metallischen (Titan-) Verstärkungsmaterials
liegt vorzugsweise zwischen 0,2 und 1 mm.

10

Aus den obigen Erläuterungen ergibt sich, daß zweckmäßiger-
weise diejenigen Faserschichten bis in den Verbindungsbe-
reich durchgehen, die im Hinblick auf die Hauptbelastung des
Faserverbundes am festesten sind. Die Hauptbelastung wird im
allgemeinen eine Zugbelastung sein, so daß die durchgehenden
Schichten im allgemeinen eine 0°-Faserrichtung aufweisen
werden.

15

20

Bei der Verwendung von schrägen Faserrichtungen, insbesonde-
re in einer 45°-Orientierung, ist es zweckmäßig, jeweils
eine Faserschicht der Orientierung $+\alpha$ ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$) jeweils
unmittelbar an einer Faserschicht der Orientierung $-\alpha$ an-
liegen zu lassen und so auszubilden, daß beide Faserschich-
ten zusammen die Dicke einer 0°- oder 90°-Schicht aufweisen.
Auch diese Anordnung dient der Erhaltung einer möglichst
perfekten Ausgewogenheit des Faserverbundes bezüglich seiner
Mittellebene.

25

30

Das erfindungsgemäße Verbundmaterial ist insbesondere für
hochfeste Verbindungsanordnungen eines Flugzeuges geeignet,
beispielsweise zur optimierten Kopplung von Stringern an
einem Flügel.

35

WO 00/56541

6

PCT/DE99/00790

Die Erfindung soll im folgenden anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Es zeigen:

- 5 Figur 1 - schematisch einen Schnitt durch ein Verbundmaterial mit einem Verbindungsbereich zur Herstellung einer Verbindung zu einem anschließenden Verbundmaterial gleicher Art
- 10 Figur 2 - einen Flugzeugflügel mit Stringern aus dem Verbundmaterial gemäß Figur 1
- 15 Figur 3 - eine vergrößerte Darstellung des Übergangsbereichs zwischen dem Faserverbund und dem Verbindungsbereich
- 20 Figur 4 - eine detaillierte, weiter vergrößerte Darstellung des Übergangsbereichs
- 25 Figur 5 - eine Graphik zur Darstellung von Zugfestigkeits- und Lochleibungsfestigkeitswerten für die beim Verbundmaterial verwendeten Materialien
- 30 Figur 6 - eine graphische Darstellung von Anschlußzugfestigkeitswerten für den erfindungsgemäßen Übergangsbereich im Vergleich zu zwei herkömmlich ausgebildeten Übergangsbereichen.
- 35 Figur 1 läßt einen Faserverbund 1 mit zahlreichen aufeinanderliegenden Faserschichten 2 erkennen.
- Über einen Übergangsbereich 3 geht der Faserverbund 1 in einen Verbindungsbereich 4 über, in dem durch den Übergangsbereich 3 hindurchgehende Faserschichten 2 abwechselnd mit Metallschichten 5 ein Faser-Metall-Laminat 6 bilden. Der Verbindungsbereich 4 des Verbundmaterials wird zur Herstel-

WO 00/36541

7

PCT/DE99/00790

lung einer Verbindung mit einem Verbindungsbereich 4 eines zur Verlängerung angesetzten Verbundmaterials auf beiden Seiten von Laschen 7 begrenzt, die ebenfalls als Faser-Metall-Laminat 6 ausgebildet sind. Im Verbindungsbereich 4 ist das Verbundmaterial mit den Laschen 7 durch Bolzenverbindungen 8 verbunden. Da sich die Laschen 7 durchgehend in den Verbindungsbereich 4 des anschließenden Verbundmaterials erstrecken, und mit dem Verbindungsbereich 4 des benachbarten Verbundmaterials ebenfalls durch Bolzenverbindungen 8 verbunden sind, ergibt sich eine Verbindung zwischen den aneinander anschließenden Verbundmaterialien über die Laschen 7.

Figur 4 verdeutlicht den Aufbau des Übergangsbereichs 3 zwischen dem Faserverbund 1 und dem Verbindungsbereich 4.

Der Faserverbund 1 besteht aus Faserschichten 2. Der Faserverbund 1 ist hier ein 70/20/10-Faserverbund. Demzufolge besteht er aus 70 % mit der Faserrichtung 0°, 20 % mit der Orientierung $\pm 45^\circ$ und 10 % mit der Orientierung 90° .

Die Faserschichten 2 mit der Orientierung $+ 45^\circ$ und $- 45^\circ$ liegen unmittelbar aufeinander und weisen jeweils nur die halbe Schichtdicke der übrigen Faserschichten 2 auf, so daß sie zusammen eine Faserschicht 2 mit der Schichtdicke der übrigen Faserschichten 2 bilden.

Figur 4 läßt erkennen, daß jeweils jede zweite Faserschicht 2 des Faserverbunds 1 eine 0° -Schicht ist und durch den Übergangsbereich 3 in den Verbindungsbereich 4 durchgehend ausgebildet ist. Im Verbindungsbereich 4 sind die zwischen den 0° -Faserschichten 2 liegenden Zwischenräume durch Schichten 9 aus einem Verstärkungsmaterial, hier eine Titanlegierung, ausgefüllt, so daß im Verbindungsbereich 4 das regelmäßige Faser-Metall-Laminat 6 gebildet ist.

Die Schichten 9 aus dem Verstärkungsmaterial erstrecken sich unterschiedlich weit in den Übergangsbereich 3 in Richtung Faserverbund 1 hinein und bilden dort Stoßstellen 10 mit

WO 00/56541

8

PCT/DE99/00790

nicht durchgehenden Faserschichten 2. Die Stoßstellen 10 sind nicht alle auf derselben Höhe in Längsrichtung sondern gesetzt angeordnet.

- 5 Ausgehend von dem Faserverbund 1 enden die beiden 90°-Faserschichten 2 zuerst und bilden erste Stoßstellen 10 aus.

Es folgen zwei Stoßstellen 10 der +45°/-45°-Faserschichten 2, die zwei weitere Stoßstellen 10 auf gleicher Höhe bilden.

10

Die beiden übrigen +45/-45°-Faserschichten, die weiter außen liegen, bilden eine dritte Höhe von Stoßstellen 10. Es folgen dann mit Abstand zwei Stoßstellen 10 zwischen zwei 0°-Faserschichten 2 und den Schichten 9 aus dem Verstärkungsmaterial und mit weiterem Abstand zwei weitere Stoßstellen 10.

15

20

Die Anordnung der Faserschichten 2 ist so erfolgt, daß eine 0°-Faserschicht 2 eine Mittelebene 11 des Verbundmaterials bildet. Um für eine vorgegebene Dicke des Faserverbundes 1 unter Erhaltung der Symmetrie die gewünschte 70/20/10 Zusammensetzung realisieren zu können, sind die beiden Faserschichten 2 an der Oberfläche (am Rand) durch 0°-Schichten halber Dicke gebildet.

25

30

Figur 5 zeigt im Vergleich Werte für die Zugfestigkeit und die Lochleibungsfestigkeit von reinen Titanschichten 9, von dem Faserverbund 1 aus CFK 70/20/10 und von dem erfindungsgemäßen Aufbau des Verbindungsbereichs 4 mit 0°-Faserschichten 2 (CFK UD) und Titanschichten 9 in dem Aufbau gemäß Figur 4.

35

Die Lochleibungsfestigkeit der üblicherweise verwendeten Titanlegierungen ist am höchsten und wäre für den reinen Faserverbund 1 extrem niedrig, so daß die Ausbildung einer Bolzenverbindung 8 mit dem reinen Faserverbund 1 nicht sinnvoll möglich wäre. Hingegen weist der Faserverbund 1 eine hohe Zugfestigkeit auf, die wesentlich höher ist als die

WO 00/56541

9

PCT/DE99/00790

Zugfestigkeit der Titanlegierung. Das Faser-Metall-Laminat 6 im Verbindungsbereich 4 weist eine gegenüber der Lochleibungsfestigkeit der Titanlegierung nur geringfügig verminderte Lochleibungsfestigkeit auf, während die Zugfestigkeit des Laminats 6 praktisch gleich hoch ist wie bei dem reinen Faserverbund 1.

Der erfindungsgemäß ausgebildete Verbindungsbereich 4 erfüllt somit die Forderungen nach einer hohen Zugfestigkeit und einer hohen Lochleibungsfestigkeit.

Angesichts dieses Ergebnisses bleibt noch zu untersuchen, ob die hohe Zugfestigkeit des Faserverbunds 1 und des Verbindungsbereichs 4 auch über den Übergangsbereich 3 erhalten bleibt.

Figur 6 zeigt, daß in dem erfindungsgemäß ausgebildeten Übergangsbereich 3 erwartungsgemäß eine etwas verringerte Zugfestigkeit erreicht wird. Diese liegt aber größenordnungsmäßig im Bereich der Zugfestigkeit des Faserverbunds 1 und des Verbindungsbereichs 4.

Dies galt jedoch nicht für herkömmliche Lösungen.

In Figur 6 ist ein Übergangsbereich 103 dargestellt, in dem nach einer bekannten Lösung ein monolithisches Titanblech 110 mit einem abgestuften Ende versehen ist, an das sich Faserschichten 102 abgestuft anschließen. Die Anschlußzugfestigkeit dieser Lösung ist weniger als halb so groß wie bei dem erfindungsgemäßen Übergangsbereich 3.

Eine andere in Figur 6 skizzierte bekannte Lösung sieht einen Faserverbund aus Borfaserschichten 102 vor, die Stoßstellen mit Stahlfolien 109 bilden. Die Stahlfolien 109 sind durch Klebschichten 111 miteinander verbunden. Die Anschlußzugfestigkeit eines derartigen Übergangsbereichs 113 ist, wie die Graphik verdeutlicht, etwas höher als beim Übergangsbereich 103, beträgt jedoch nur etwa 60 % der Anschluß-

WO 00/56541

10

PCT/DE99/00790

festigkeit des erfindungsgemäßen Übergangsbereichs 3.

Das erfindungsgemäße Verbundmaterial vereinigt somit hohe
Zugfestigkeitswerte, auch im Übergangsbereich 3, mit hohen
Lochleibungsfestigkeiten im Verbindungsbereich 4.

10

15

20

25

30

35

WO 00/56541

11

PCT/DE99/00790

Ansprüche

5

10

15

20

25

30

35

1. Verbundmaterial bestehend aus einem Faserverbund (1) einer Vielzahl von in einer Polymermatrix eingebetteten Faserschichten (2), von denen einige vorzugsweise Faserrichtungen aufweisen, die sich von Faserrichtungen anderer Faserschichten (2) unterscheiden, und einem mit einem Verstärkungsmaterial (9) mit hoher Lochleibungs-
festigkeit gebildeten Verbindungsbereich (4), wobei ein Übergangsbereich (3) zwischen dem Faserverbund (1) und dem Verbindungsbereich (4) ausgebildet ist, in dem Faserschichten (2) auf das Verstärkungsmaterial (9) des Verbindungsbereichs (4) stoßen, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbindungsbereich (4) aus Schichten (9) aus dem Verstärkungsmaterial und durch den Übergangsbereich (3) in den Verbindungsbereich (4) durchgehenden Faserschichten (2) gebildet ist und daß in dem Übergangsbereich (3) zwischen den durchgehenden Faserschichten (2) nicht durchgehende Faserschichten (2) auf entsprechende Schichten (9) aus dem Verstärkungsmaterial stoßen.
2. Verbundmaterial nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stoßstellen (10) zwischen den nicht durchgehenden Faserschichten (2) und den Schichten (9) des Verstärkungsmaterials in dem Übergangsbereich (3) versetzt angeordnet sind.
3. Verbundmaterial nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von dem Faserverbund (1) in dem Übergangsbereich (3) zunächst Stoßstellen (10) zwischen zur Festigkeit des Faserverbundes (1) gegen eine Hauptbelastung am wenigsten beitragenden Faserschichten (2) und dem Verstärkungsmaterial (9) ausgebildet sind und in

WO 00/56541

12

PCT/DE99/00790

Richtung auf den Verbindungsbereich (4) Stoßstellen (10) für Faserschichten (2) mit zunehmender Bedeutung für die Festigkeit versetzt folgen.

- 5 4. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserschichten (2) des Faserverbundes (1) symmetrisch zur Mittelebene (11) der Dicke des Faserverbundes (1) angeordnet sind.
- 10 5. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Stoßstellen (1) jeweils symmetrisch zur Mittelebene (11) der Dicke des Faserverbundes (1) angeordnet sind.
- 15 6. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Verbindungsbereich (4) abwechselnd die durchgehenden Faserschichten (2) und die Schichten (9) aus dem Verstärkungsmaterial geschichtet sind.
- 20 7. Verbundmaterial nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserschichten (2) und die Schichten (9) aus dem Verstärkungsmaterial alle eine gleiche Schichtdicke aufweisen.
- 25 8. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die durchgehenden Faserschichten (2) durch im Hinblick auf eine Zugbelastung feste Faserschichten gebildet sind.
- 30 9. Verbundmaterial nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die durchgehenden Faserschichten (2) mit einer bezüglich der Zugbelastung eine 0°-Richtung aufweisenden Faserrichtung gebildet sind.
- 35 10. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Faserverbund (1) ein Anteil von Schichten (2) mit einer 90°-Faserrichtung

WO 00/56541

13

PCT/DE99/00790

vorgesehen ist.

5 11. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Faserverbund (1) ein Anteil von Schichten (2) mit einer Faserrichtung von $\pm 45^\circ$ vorgesehen ist.

10 12. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß Faserschichten (2) mit einer schrägen Faserorientierung (α) jeweils unmittelbar an einer Faserschicht (2) der zur Längsrichtung spiegelsymmetrischen Orientierung ($-\alpha$) anliegen und daß beide Faserschichten (2) zusammen die Dicke einer 0° - oder 90° -Schicht aufweisen.

15 13. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Verstärkungsmaterial durch Metallschichten gebildet ist.

20 14. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 13, gekennzeichnet, durch eine Schichtdicke der Faserschichten (2) und Schichten (9) aus dem Verstärkungsmaterial zwischen 0,2 und 1 mm.

25

30

35

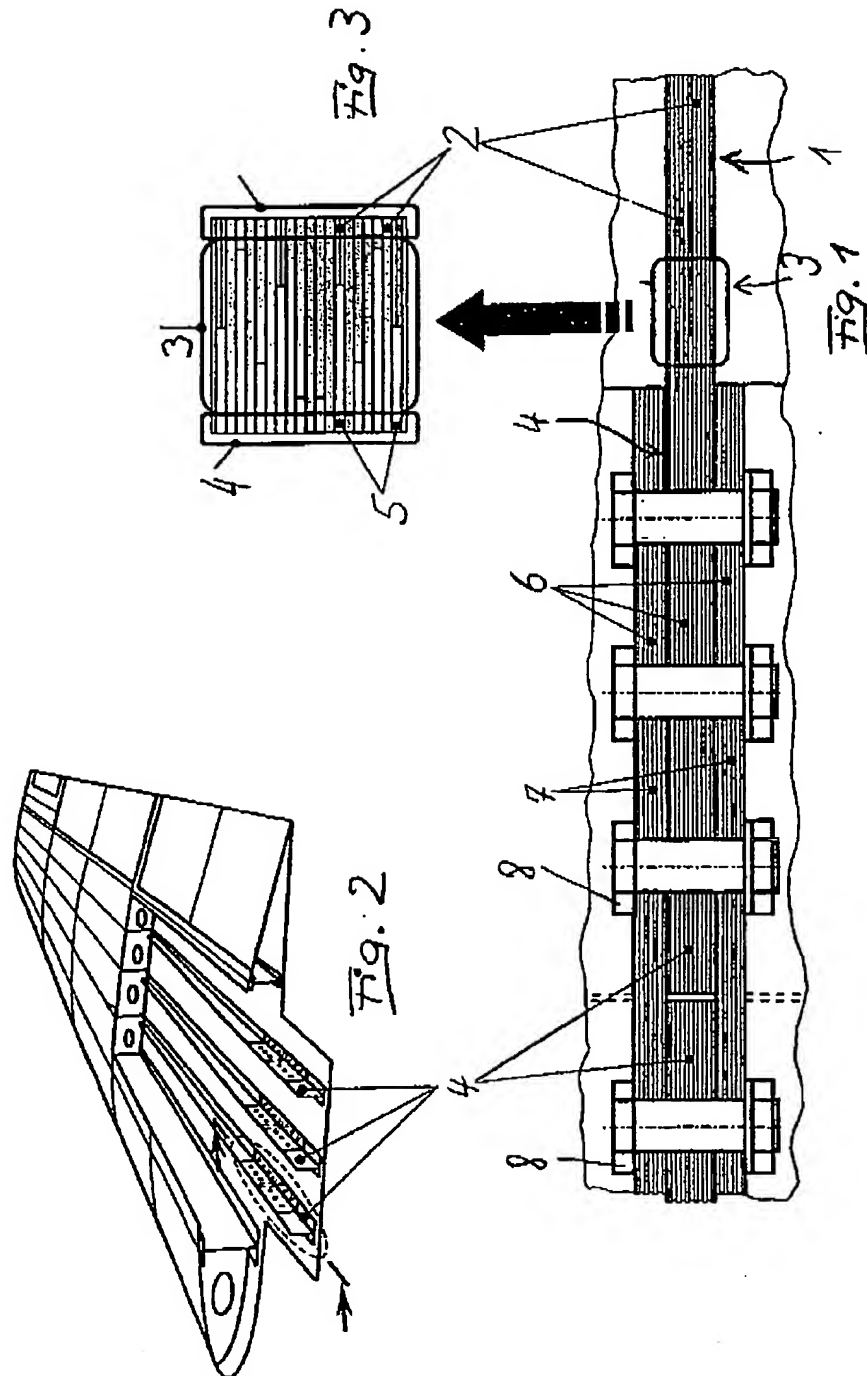
40

45

WO 00/56541

PCT/DE99/00790

1/4



WO 00/56541

PCT/DE99/00790

2/4

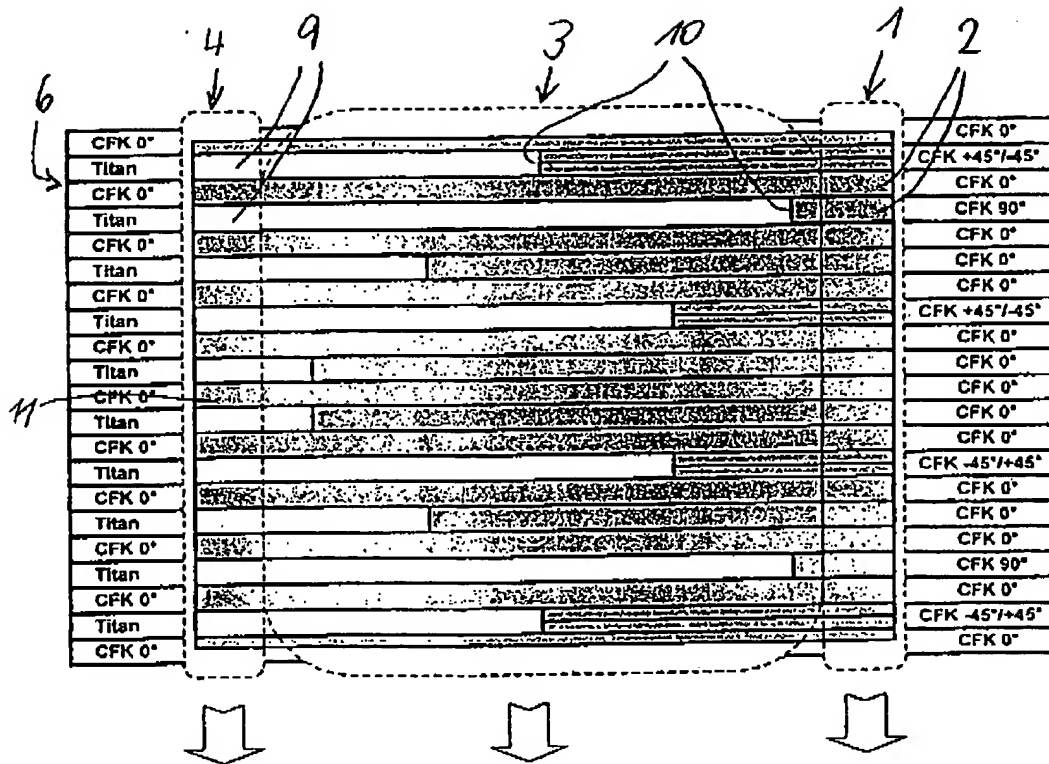


Fig. 4

WO 00/56541

PCT/DE99/00790

3/4

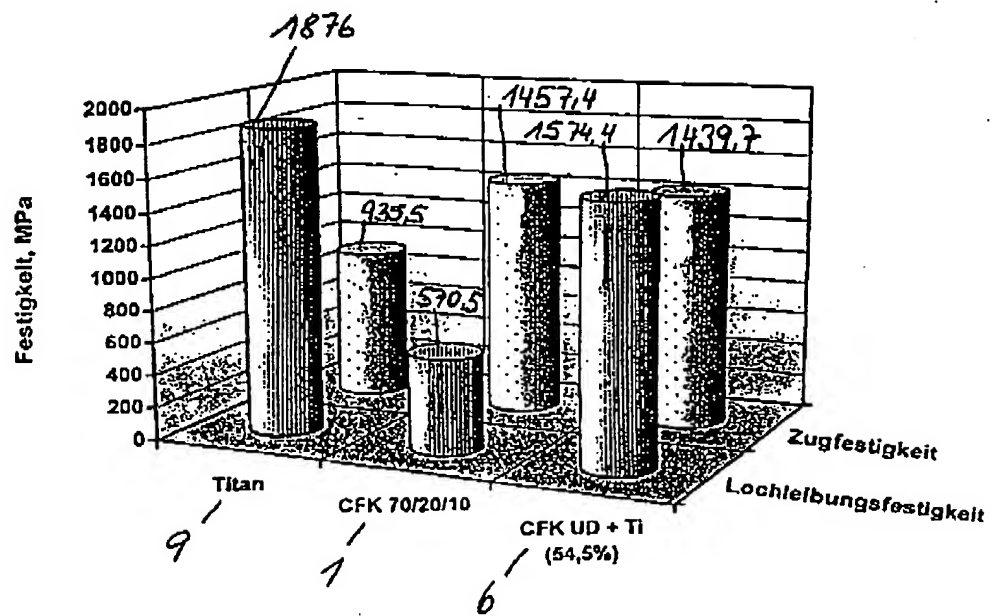


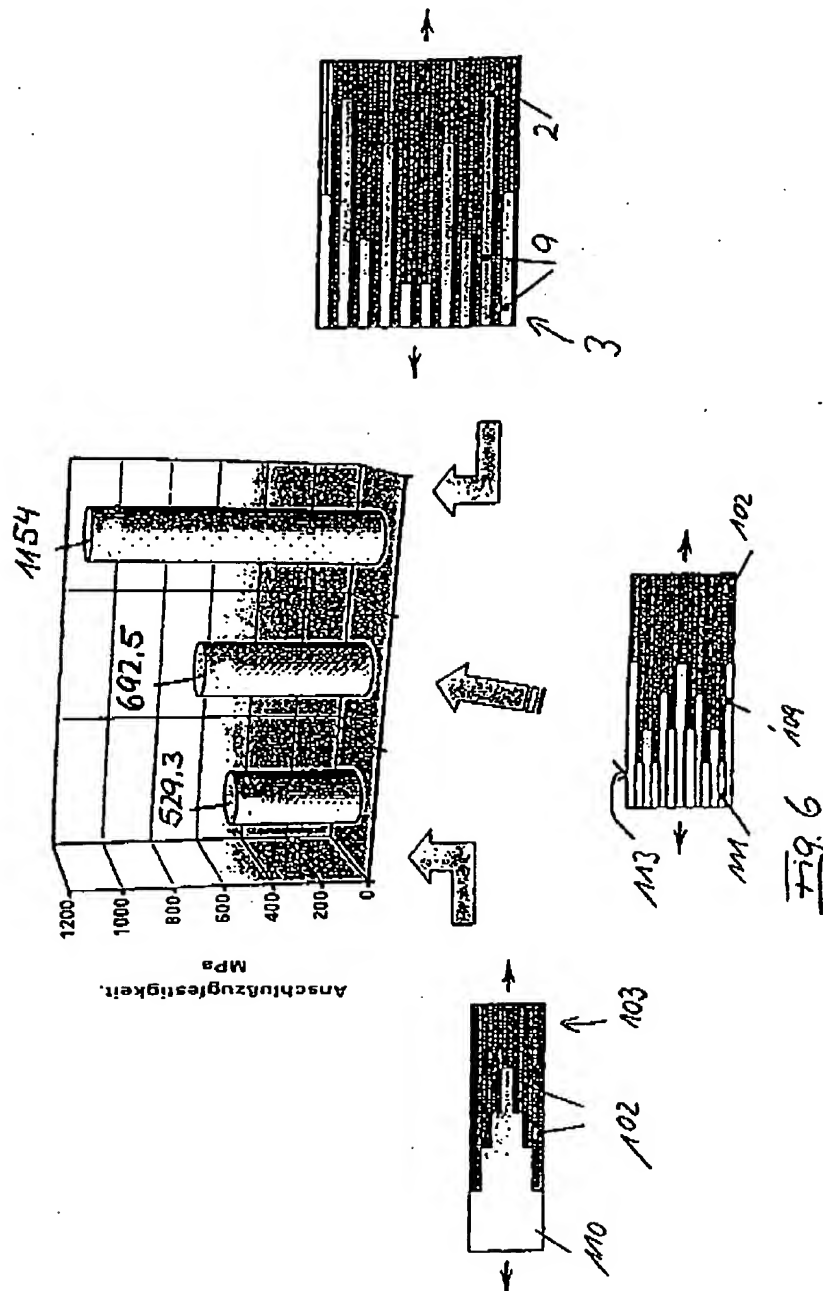
Fig. 5

ERSATZBLATT (REGEL 26)

WO 00/56541

PCT/DE99/00790

4/4



ERSATZBLATT (REGEL 26)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		Int. Appl. No. PCT/DE 99/00790
IPC 7 B32B15/08 B32B5/08 B32B3/18 B64C1/12 B64C1/06		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B32B B29C B64C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 783 960 A (BOEING CO) 16 July 1997 (1997-07-16) abstract; figures column 15, line 48 - column 16, line 8	1,6-13
A	US 3 758 234 A (GOODWIN J) 11 September 1973 (1973-09-11) the whole document	1
A	US 3 883 267 A (BAUDIER CLAUDE PAUL ET AL) 13 May 1975 (1975-05-13) the whole document	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
20 December 1999		12/01/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 5010 Patentamt 2 Munich, 8000 Munich, Germany Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Pamles Oille, S

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Int. Appl. No.

PCT/DE 99/00790

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0783960 A	16-07-1997	US 5866272 A JP 9193296 A	02-02-1999 29-07-1997
US 3758234 A	11-09-1973	DE 1953209 A FR 2021250 A GB 1186486 A	21-05-1970 17-07-1970 02-04-1970
US 3883267 A	13-05-1975	FR 2195255 A DE 2339468 A GB 1433519 A	01-03-1974 14-02-1974 28-04-1976

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/00790

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
IPK 7	B32B15/08	B32B5/08 B32B3/18 B64C1/12 B64C1/06
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
IPK 7 B32B B29C B64C		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Seit. Anspruch Nr.
A	EP 0 783 960 A (BOEING CO) 16. Juli 1997 (1997-07-16) Zusammenfassung; Abbildungen Spalte 15, Zeile 48 - Spalte 16, Zeile 8	1,6-13
A	US 3 758 234 A (GOODWIN J) 11. September 1973 (1973-09-11) das ganze Dokument	1
A	US 3 883 267 A (BAUDIER CLAUDE PAUL ET AL) 13. Mai 1975 (1975-05-13) das ganze Dokument	1
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "I" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgedr.) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche		Abschließdatum des internationalen Recherchenberichts
20. Dezember 1999		12/01/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Beauftragter Pamles Olie, S

Formblatt PCT43A/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

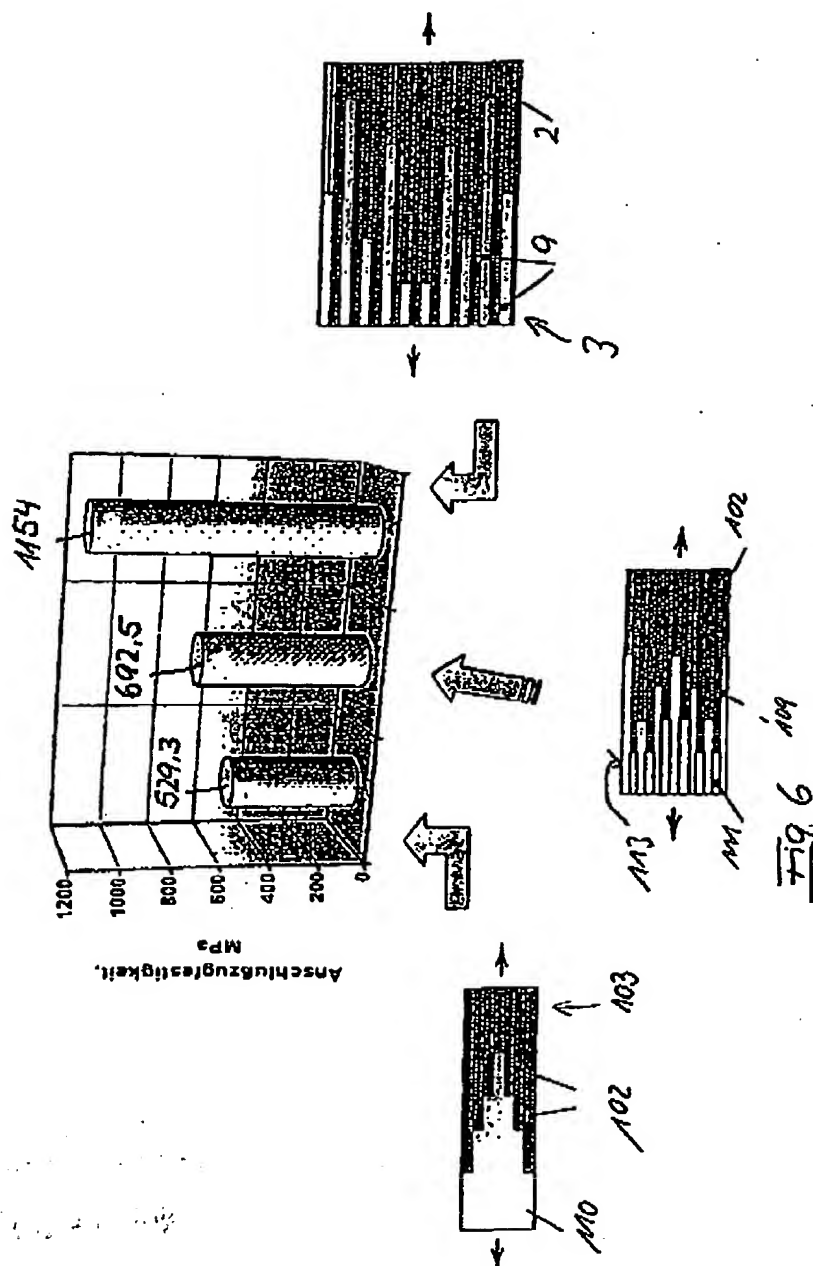
Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/00790

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0783960 A	16-07-1997	US 5866272 A	02-02-1999
		JP 9193296 A	29-07-1997
US 3758234 A	11-09-1973	DE 1953209 A	21-05-1970
		FR 2021250 A	17-07-1970
		GB 1186486 A	02-04-1970
US 3883267 A	13-05-1975	FR 2195255 A	01-03-1974
		DE 2339468 A	14-02-1974
		GB 1433519 A	28-04-1976

Formblatt PCTASA/210 (Anhang Patentamt DE) (Juli 1992)

EP 1 082 217 B1



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.